

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND

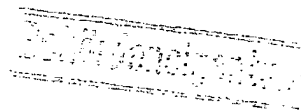


DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
11 DE 3722 153 A1

51 Int. Cl. 4:  
H02 K 5/24  
H 02 K 19/22

21 Aktenzeichen: P 37 22 153.1  
22 Anmeldetag: 4. 7. 87  
43 Offenlegungstag: 12. 1. 89



DE 3722153 A1

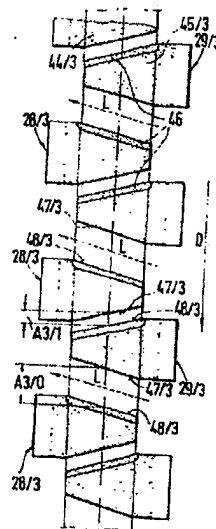
71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Frister, Manfred, Dipl.-Ing., 7141 Schwieberdingen, DE; Härer, Helmut, Dr.-Ing., 7148 Remseck, DE; Henneberger, Gerhard, Dr.-Ing., 7141 Möglingen, DE; Lutz, Hans-Joachim, Dipl.-Ing., 7141 Schwieberdingen, DE; Olbertz, Helmut, Dr.-Ing., 7252 Weil der Stadt, DE; Ragaly, Istvan, Dipl.-Ing., 7141 Schwieberdingen, DE; Schmidt, Burkhardt, 7000 Stuttgart, DE; Schustek, Siegfried, Dr.-Ing., 7997 Immenstaad, DE

54 Elektrodynamische Synchronmaschine

Zur merklichen Reduzierung störender Geräusche bei elektrodynamischen Synchronmaschinen werden die Erregerpole innerhalb der Polteilungen aus der magnetischen Mitte versetzt angeordnet; als Erregerpole können sowohl Elektromagnete als auch Dauermagnete Anwendung finden. Die Erfindung ist geeignet für entsprechende Elektromotoren und Generatoren. Bevorzugte Anwendung findet diese Maßnahme bei Drehstromgeneratoren für das Bordnetz von Fahrzeugen, insbesondere bei solchen, die mit einem Klauenpolrotor versehen sind, und auch bei bürstenlosen Servomotoren.

FIG. 3



DE 3722153 A1

## Patentansprüche

1. Elektrodynamische Synchronmaschine (10) mit einem lamellierten Anker (16), der mit Wechselstromwicklungen (23) aufnehmenden Nuten (22) versehen ist, welche kreisförmig um eine Mittelachse und in gleichem Abstand zueinander angeordnet und jeweils durch in den Anker-Lamellen befindliche Zähne voneinander getrennt sind, und mit mindestens drei Paaren von Erregerpolen (28, 29), welche ebenfalls kreisförmig um die Mittelachse des Anker (16) angeordnet sind, mit ihren Polflächen über einen Luftspalt (37) in magnetischer Wirkverbindung mit den Zahnflächen des Ankers (16) stehen und wobei jeder Erregerpol (28, 29) eine Polarität hat, die der Polarität seiner direkt benachbarten Erregerpole (28, 29) entgegengesetzt ist, und mit einer koaxial zur Mittelachse der Synchronmaschine (10) verlaufenden, mit dem Läufer rotierenden Maschinenwelle (25), dadurch gekennzeichnet, daß die Abstände (A) zwischen mindestens jeweils drei benachbarten Erregerpolen (28, 29) ungleich sind.
2. Synchronmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Erregerpole (28, 29) Dauermagnete sind.
3. Synchronmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Erregerpole (28, 29) Elektromagnete sind.
4. Synchronmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstände (A 3) zwischen den Erregerpolen (28, 29) jedes Polpaares (28/29) gleich sind.
5. Synchronmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß — in Umfangsrichtung der Anordnung der Erregerpole (28/4..7, 29/4..7) gesehen — die Abstände (A 4..7) zwischen den Mitten der Erregerpole (28, 29) aufeinanderfolgender Polpaare und den Mitten der Polteilungen jeweils kontinuierlich größer oder kontinuierlich kleiner sind.
6. Synchronmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die unterschiedlich großen Abstände (A 4 bis 7) zwischen den Polpaaren der Erregerpole (28/4..7, 29/4..7) durch entsprechende Anordnung der Erregerpole (28/4..7, 29/4..7) nur der einen Polarität (z.B. der N-Pole) oder nur der anderen Polarität (z.B. der S-Pole) oder auch beider Polaritäten bewirkt werden.
7. Synchronmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Synchronmaschine ein Generator, insbesondere ein Drehstromgenerator ist.
8. Synchronmaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der — in Drehrichtung des Rotors gesehen — der hintere Bereich (46) der dem Anker (16) gegenüberstehenden äußeren Oberfläche (44/3, 45/3) der Erregerpole (28/3, 29/3) einen größeren Luftspalt (37) mit dem Anker (16) bildet als der davor befindliche Bereich der äußeren Oberfläche (44/3, 45/3).
9. Synchronmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Flanken (47/4, 48/4) der Erregerpole (28/4..7, 29/4..7) parallel zur Maschinenwelle (25) ausgerichtet sind.
10. Synchronmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Flanken (47/3, 48/3) der Erregerpole (28/3, 29/3) schräg zur

Maschinenwelle (25) ausgerichtet sind.

11. Synchronmaschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Flanken jedes Erregerpols unterschiedlich schräg zur Maschinenwelle (25) ausgerichtet sind.
12. Synchronmaschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Anker (16) gegenüberstehende äußere Oberfläche (44/3, 45/3) der Erregerpole (28/3, 29/3) V- oder trapezförmig ausgebildet ist.
13. Synchronmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Erregerpole (28/3..7, 29/3..7) auf dem Rotor (20) angeordnet sind und der Anker (16) den Stator bildet.
14. Synchronmaschine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (20) mit Klauenpolen als Erregerpole (28, 29) versehen ist.
15. Synchronmaschine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (20) mit Einzelpolen versehen ist.
16. Synchronmaschine nach Anspruch 4 in Verbindung mit einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Polpaare (28/3/29/3) derart zur Maschinenwelle (25) ausgerichtet sind, so daß sie infolge der Ausrichtung der Flanken (47/3, 48/3) der Erregerpole (28/3, 29/3) und unter Berücksichtigung der vorbestimmten Drehrichtung des Rotors (20) als Ventilator für Kühlluft wirken.
17. Synchronmaschine nach Anspruch 4 in Verbindung mit Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der Erregerpole (28/8, 29/8) im mittleren Bereich ihrer Längserstreckung im wesentlichen dreieckig oder trapezförmig ist, wobei sich zwischen den eng benachbarten Erregerpolen (28/8, 29/8) niedrige Flanken (48/8, 47/8) der Dreieck- oder Trapez-Querschnitte und zwischen den weit auseinanderstehenden Erregerpolen (28/8, 29/8) die höheren Flanken (47/8'; 48/8') des Dreieck- oder Trapez-Querschnittes befinden.
18. Synchronmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Synchronmaschine ein Elektromotor ist.
19. Synchronmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7 mit Erregerpolen, deren Flanken parallel zur Maschinenwelle ausgerichtet sind, dadurch gekennzeichnet, daß möglichst immer nur eine einzige der Flanken aller Erregerpole gleichzeitig einer einzigen Flanke der Ankernuten (bei offenen Nuten) bzw. der Ankernuten-Schlitze (bei halboffenen Nuten) gegenübersteht.

## Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einer elektrodynamischen Synchronmaschine nach der Gattung des Hauptanspruchs. Derartige Synchronmaschinen sind beispielsweise bekannt aus "Meyers Lexikon der Technik und der exakten Naturwissenschaften" 1970, Seite 2724, auch aus "Bosch/Technische Unterrichtung / Drehstromgeneratoren" 1. Ausgabe, Juni 1982 und aus der DE-OS'en 35 10 228, 25 03 650 sowie von den handelsüblichen Drehstrom-Servomotoren von Fa. Siemens, die unter dem Namen "SIMODRIVE" vertrieben werden. Bei allen diesen Synchronmaschinen treten mehr oder weniger magnetisch angeregte Schwingungen der Ankerlamellen auf, die störende Geräusche verursachen.

Derartige störende Geräusche wurden in gewissem

Umfange unter anderem auch bereits durch Änderungen an den Erregerpolen von Wechselstromgeneratoren reduziert: Es wurde beispielsweise der Querschnittsverlauf der Erregerpole abgewandelt (DE-OS 29 48 696) oder es wurden an den Erregerpol-Oberflächen, die dem Anker gegenüberstehen, Veränderungen vorgenommen (US-PS 32 71 606, 37 14 484, 42 01 930).

Vorgeschlagen wurden auch schon für den gleichen Zweck, daß die Flanken der Erregerpole einen anderen (schrägen) Verlauf haben als die Nuten für die Wicklungen im Anker.

Außerdem wurde hierfür auch bekannt, die Polbedekung derart zu wählen, so daß die Breite der Erregerpole nicht ein Vielfaches der Teilung der Ankernuten bildet.

Der Erfindung liegt nunmehr die Aufgabe zugrunde, die obengenannten störenden Geräusche von elektrodynamischen Synchronmaschinen noch weiter zu verringern; durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen soll aber die Ausgangsleistung der Synchronmaschine nicht reduziert und ihre Kosten sollen nicht erhöht werden.

Diese Aufgabe wurde gemäß der Erfindung durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 aufgeführten Merkmale gelöst. Durch diese erfindungsgemäße Anordnung der Erregerpole wird ein gleichzeitiges "Einrasten" von Erregerpolen in magnetische Vorzugslagen vermieden und demzufolge das Entstehen magnetisch angeregter Schwingungen erheblich reduziert. Die offenbarte technische Lehre ist sowohl für entsprechende Generatoren als auch für derartige Motoren geeignet; als Erregerpole können dabei Dauermagnete oder Elektromagnete Verwendung finden.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Hauptanspruch angegebenen Synchronmaschine möglich. Während eine spürbare Verringerung der Geräusche technisch am einfachsten dadurch sichergestellt werden kann, daß die Erregerpole einer Polarität gegenüber denen der anderen Polarität um einen gewissen Winkel aus der magnetischen Mitte verschoben sind, ist es aber mindestens von gleicher Wirksamkeit, wenn — in Umfangsrichtung der Erregerpol-Anordnung gesehen — die Abstände zwischen den Polteilungsmitten und den Mitten der Erregerpole aufeinanderfolgender Pole bzw. Polpaare jeweils kontinuierlich größer oder kontinuierlich kleiner werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind der in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert; die in der Beschreibungseinleitung beschriebenen Synchronmaschinen werden in der nachfolgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele als mit offenbart betrachtet. Es zeigen

Fig. 1 die verkleinerte Darstellung eines Längsschnitts durch eine elektrodynamische Synchronmaschine, und zwar durch einen Wechselstromgenerator mit einem Innenpolrotor in Klauenpol-Bauart,

Fig. 2 die Abwicklung der herkömmlichen Erregerpol-Anordnung eines Wechselstromgenerators mit einem Innenpolrotor in Klauenpol-Bauart,

Fig. 3 die Abwicklung der erfindungsgemäßen Erregerpol-Anordnung eines Wechselstromgenerators mit einem Innenpolrotor in Klauenpol-Bauart,

Fig. 4 bis 7 prinzipielle Darstellungen anderer erfindungsgemäßer Abwicklungen von Erregerpol-Anordnungen von Wechselstromgeneratoren mit einem Innenpolrotor in Klauenpol-Bauart und

Fig. 8 eine Querschnittsdarstellung durch den mittleren Bereich der Längserstreckung einer vorteilhaften

Ausführungsform von Erregerpolen eines Wechselstromgenerators mit einem Innenpolrotor in Klauenpol-Bauart.

Bei der in Fig. 1 gezeigten elektrodynamischen Synchronmaschine, einem Wechselstromgenerator 10, handelt es sich um einen Drehstromgenerator in Topfbauart und mit einem Innenpolrotor — wie er heute in den meisten Kraftfahrzeugen eingebaut ist. Die Erfindung ist aber nicht nur für Generatoren, sondern auch für Elektromotoren geeignet und dabei außer für Innenpolmaschinen auch für Außenpolmaschinen, Leiststückrotormaschinen und Scheibenrotormaschinen anwendbar.

Dieser Wechselstromgenerator 10 besitzt als metallisches Gehäuse 11 zwei topfförmige Lagerschilde 12 und 13, zwischen deren offenen Stirnbereichen 14 und 15 ein Anker als Ständer 16 eingespannt ist; zum Verbinden der beiden Lagerschilde 12 und 13 mit dem Ständer 16 dienen als Spannelemente 17 Stehbolzen, welche in den beiden Lagerschilden 12 und 13 festgelegt sind. Die Lagerschilde 12 und 13 enthalten jeweils ein Kugellager 18 bzw. 19 zur drehbaren Aufnahme eines Klauenpol-Rotors 20. Der Ständer 16 setzt sich aus gegeneinander isolierten Blechen (Lamellen) zusammen, die aus magnetisierbarem Eisen bestehen und zu einem festen Blechpaket zusammengepreßt sind. Der im wesentlichen ringförmige Ständer 16 ist in seiner Ständerbohrung 21 mit Nuten 22 zur Aufnahme von Wechselstromwicklungen 23 versehen. Die Wechselstromwicklungen 23 sind bei diesem Drehstromgenerator 10 drei um 120° elektrisch versetzte wellenförmige Wicklungen, die bei Betrieb des Wechselstromgenerators einen dreiphasigen nutzbaren Generatorstrom an einen am Wechselstromgenerator 10 befestigten, angedeuteten Gleichrichter 24 abgeben. Der Gleichrichter 24 formt den Drehstrom in Gleichstrom um.

Der Klauenpol-Rotor 20 setzt sich im wesentlichen zusammen aus einer in den Kugellagern 18, 19 drehbar aufgenommenen Maschinenwelle 25, zwei auf dieser Maschinenwelle 25 mit Abstand zueinander festgelegten Polradhälften 26 und 27 mit ihren als Klauen ausgebildeten Erregerpolen 28 bzw. 29, einem zwischen den beiden Polradhälften 26 und 27 angeordneten, auch auf der Maschinenwelle 25 aufgeschobenem Polkern 30 aus magnetisierbarem Material, einer auf den Polkern 23 aufgewickelten und von den beiden Polradhälften 26 und 27 sowie den nahezu parallel zur Antriebswelle 25 verlaufenden Klauenpolen 28 und 29 umfaßten Erregerwicklung 31 und darüber hinaus aus zwei ebenfalls auf der Maschinenwelle 25 nebeneinander mit Abstand festgelegten Schleifringen 32, 33, die mit je einem Ende der Erregerwicklung 31 elektrisch verbunden sind. Auf die beiden Schleifringe 32 und 33 drückt je eine federbelastete Schleifbürste 34 bzw. 35, die in einem beiden gemeinsamen Bürstenhalter 36 geführt sind und die der mit dem Klauenpol-Rotor 20 umlaufenden Erregerwicklung 31 den Erregerstrom zuführen; der bevorzugterweise aus Kunststoff bestehende Bürstenhalter 36 ist am Lagerschild 13 festgelegt. Je stärker der Erregerstrom und je größer die Drehzahl des Klauenpol-Rotors 20 ist, umso höher ist die im Drehstromgenerator erzeugte Spannung; der der Erregerwicklung 31 zugeführte Erregerstrom wird von einem (nicht dargestellten) zumeist am Wechselstromgenerator 10 befestigten Spannungsregler derart bemessen, so daß die Generatorspannung über den gesamten Drehzahlbereich des Wechselstromgenerators bzw. des betreffenden (nicht dargestellten) Fahrzeugmotors konstant bleibt, und zwar unabhängig von Belastung und Drehzahl.

Der Klauenpol-Rotor 20 hat an jedem seiner beiden Polradhälften 26 und 27 bevorzugt sechs Klauenpole 28 bzw. 29, die fingerförmig, jedoch mit isolierendem Abstand zueinander ineinandergreifen. Je ein Klauenpol 28 des Polradhälfte 26 und ein daneben befindlicher Klauenpol 29 der Polradhälfte 27 bilden gemeinsam ein Polpaar 28/29; die beiden Klauenpole 28 und 29 haben bei Erregung unterschiedliche Polarität und weisen zwischen sich ein Magnetfeld auf. Wird von dem nicht dargestellten Fahrzeugmotor die Maschinenwelle 25 in Rotation gesetzt, so durchsetzen diese vorstehend genannten Magnetfelder die Wechselstromwicklungen 23 und erzeugen demzufolge den nutzbaren elektrischen Strom des Wechselstromgenerators 10. Der zwischen den Klauenpolen 28 bzw. 29 und der Ständerbohrung 21 befindliche Luftspalt ist mit 37 bezeichnet.

Bei Wechselstromgeneratoren kleinerer Leistung können anstelle der beschriebenen Elektromagnete auch Dauermagnete verwendet werden; die Erregerwicklung 31 und der Bürstenhalter 36 mit den Schleifbürsten 34 bzw. 35 können dann entfallen und der Rotor kann demzufolge einen erheblich vereinfachten Aufbau erhalten.

Außerhalb des Gehäuses 11 des Wechselstromgenerators 10 ist auf der Maschinenwelle 25 eine dem Antrieb des Wechselstromgenerators 10 dienende Riemenscheibe 38 angeordnet, die mittels einer auf einem Gewindestutzen 39 der Maschinenwelle 25 aufgeschraubten Mutter 40 festgelegt und mittels einer Paßfeder 41 gegen Verdrehung gesichert ist. Diese Riemenscheibe 38 bildet dabei ein Bauteil mit einem Lüfter 42, der für den Transport von Kühlluft durch den Wechselstromgenerator 10 sorgt. Der Lüfter 42 kann alternativ aber auch ein separates Bauteil sein, welches sowohl außerhalb als auch innerhalb des metallischen Gehäuses 11 angeordnet sein kann; es sind jedoch auch Wechselstromgeneratoren bekannt, welche sowohl innerhalb als auch außerhalb jeweils einen Lüfter haben oder auch innerhalb bzw. außerhalb mehrere Lüfter besitzen.

Zur Befestigung des Wechselstromgenerators 10 am Kraftfahrzeugmotor ist das antriebsseitige Lagerschild 12 mit einem Schwenkarm 43 versehen; ein zweites, für die genauere Fixierung des Wechselstromgenerators 10 zweckmäßiges Befestigungsmittel ist in dieser Fig. 1 nicht dargestellt.

Die in Richtung der Ständerbohrung 21 weisenden äußeren Oberflächen der klauenförmig, jedoch — in Umfangsrichtung gesehen — mit den magnetischen Widerstand erhöhenden, ausreichend groß bemessenen Abständen ineinandergreifenden Klauenpole 28 und 29 tragen die Bezugszeichen 44 bzw. 45. Diese Klauenpole 28 und 29, welche die Erregerpole des Wechselstromgenerators 10 bilden, sind bei der in Fig. 2 gezeigten, bevorzugten bekannten Ausführungsform in ihrer Längserstreckung prinzipiell als gleichwinkliges V bzw. Trapez gestaltet und haben dabei ihre größte Breite und Dicke im scheibenförmigen Bereich der Polradhälften 26 bzw. 27. Anstelle dieser Ausführungsform der Klauenpole 28, 29 sind aber auch Abweichungen davon möglich, z.B. Klauenpole mit konstanter Breite und/oder Dicke, Klauenpole mit nicht parallel zur Maschinenwelle verlaufenden Mittellinien oder Klauenpole, die in ihrer Längserstreckung ein schiefwinkliges Dreieck, Trapez, Rechteck o.ä. bilden.

Während der größte Bereich der äußeren Oberflächen 44/2 bzw. 45/2 den Bogen eines Kreises beschreibt, dessen Radius etwa im Mittelpunkt der Maschinenwelle 25 liegt, ist bei vielen bekannten Wechsel-

stromgeneratoren — in Drehrichtung *D* des Klauenpol-Rotors 20 gesehen — der hintere, d.h. der sogenannte "ablaufende" Bereich der Klauenpole 28/2, 29/2 so gestaltet, daß er einen zunehmend sich vergrößernden Luftspalt 37 mit der Ständerbohrung 21 bildet; infolge dieser Gestaltung der äußeren Oberflächen 44/2, 45/2 wird bekannterweise bereits eine gewisse Reduzierung von störenden Geräuschen mit bewirkt.

Die in Drehrichtung *D* des Klauenpol-Rotors 20 gesehen vorderen Flanken der Klauenpole 28/2 sind mit 47/2 und die hinteren Flanken sind mit 48/2 bezeichnet. Der Abstand *A* 2 zwischen den Flanken 47/2 und 48/2 aller Klauenpole 28/2, 29/2 des Klauenpol-Rotors 20 ist — im Bereich der halben Längserstreckung der Klauenpole 28/2 und 29/2 gemessen und in Fig. 2 als Linie 49 gekennzeichnet — immer gleich.

Während in der Fig. 2 der Zeichnung die Abwicklung der äußeren Oberflächen 44/2 und 45/2 von herkömmlich angeordneten Klauenpolen bzw. Erregerpolen 28/2, 29/2 von Klauenpolrotoren 20 dargestellt ist, zeigt die Fig. 3 die Abwicklung der äußeren Oberflächen 44/3 und 45/3 von erfindungsgemäß angeordneten Klauenpolen 28/3 und 29/3; die Klauenpole 28/3, 29/3 selbst sind dabei in ihrer Form unverändert, können aber auch von abweichender Form sein — wie sie auch zu den herkömmlichen Klauenpolen 28/2 bzw. 29/2 beschrieben wurden. Die Anordnung der Klauenpole 28/3 und 29/3 unterscheidet sich vom aufgezeigten Stand der Technik dadurch, daß der Abstand *A* 3/0 zwischen der hinteren Flanke 48/3 eines ersten Klauenpols 28/3 und der vorderen Flanke 47/3 des — in Drehrichtung *D* gesehen — nachfolgenden (zweiten) Klauenpols 29/3 nicht gleich ist mit dem Abstand *A* 3/1 zwischen der hinteren Flanke 48/3 des genannten (zweiten) Klauenpols 29/3 und der vorderen Flanke 47/3 des dann folgenden (dritten) Klauenpols 28/3. Der größere Abstand *A* 0 ist dabei bevorzugt zwischen denjenigen beiden Klauenpolen 28/3 und 29/3 angeordnet, die unter Berücksichtigung der Drehrichtung *D* des Klauenpol-Rotors 20 eine Kühlluftströmung *L* im Generator 10 bewirken; die Kühlluftströmung *L* kann entweder allein als Kühlmittel für die Wärme abgebenden Bauteile Verwendung finden oder aber mit der Kühlluft eines zusätzlichen Lüfters 42 (oder mit mehreren Lüftern gemäß Beschreibung) zusammen für eine ausreichende Kühlung der betreffenden Bauteile sorgen.

Bei einem praktischen Ausführungsbeispiel ist jede der Polradhälften 26 und 27 mit sechs angeordneten Klauenpolen 28/3 bzw. 29/3 versehen und die Breite der Klauenpole 28/3 bzw. 29/3 beträgt in der Mitte ihrer Längserstreckung ca. 17 mm; der über die äußeren Oberflächen 44/2 oder 45/2 gemessene Durchmesser des Klauenpolrotors 20 beträgt 100 mm. Werden die beiden Polradhälften 26 und 27 aus ihrer Mittellage (siehe Fig. 2) um ihre Achse um 5° gegeneinander verdreht angeordnet (Fig. 3), so wird infolgedessen der Geräuschpegel eines solchen Generators in vorteilhafter Weise von 95 dB auf 80 dB reduziert.

Je nach Ausführungsform der Synchronmaschine können als Erregerpole anstelle von Elektromagneten (Klauenpole 28, 29; Einzelpole) auch Dauermagnete mit erfindungsgemäßer Anordnung Verwendung finden, sofern nur kleinere elektrische Leistungen benötigt werden.

Für besonders geräuschkindernde Ausführungsformen von Generatoren sind in weiterer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Maßnahmen Anordnungen von Erregerpolen zweckmäßig, bei denen — in Umfangs-

richtung der Erregerpole gesehen — die Abstände zwischen den Mitten der Erregerpole aufeinanderfolgender Polpaare und den Mitten der Polteilungen kontinuierlich größer bzw. kontinuierlich kleiner sind. Beispiele derartiger Ausführungsformen sind im Prinzip in den Fig. 4 bis 7 dargestellt.

Bei der in Fig. 4 der Zeichnung gezeigten Anordnung von insgesamt 12 Erregerpolen 28/4 bzw. 29/4, deren äußere Oberflächen 44/4 bzw. 45/4 einfachheitshalber als Rechtecke dargestellt sind, haben die Klauenpole 28/4 einer Polradhälfte 26/4 zwischen ihren Mittellinien gleichen Mittenabstand  $M_{28/4}$ , d.h., — auf den Umfang der Polradhälfte 26/4 bezogen — sie haben zwischen den einzelnen Mittellinien der sechs Klauenpole jeweils einen Winkel von  $60^\circ$ . Der Mittenabstand  $M_{29/4}$  zwischen den Klauenpolen 29/4 der zweiten Polradhälfte 27/4 ist jedoch nicht immer gleich, sondern ist dreimal um einen bestimmten Wert  $x$  größer und dann dreimal um den Wert  $x$  kleiner; der Wert  $x$  muß je nach Bemessung des Wechselstromgenerators ermittelt bzw. optimiert werden. Dieser Wert  $x$  findet Berücksichtigung für die unterschiedlichen Abstände  $A_4$  ( $A_4'$ ,  $A_4''$ ,  $A_4'''$ , ...) zwischen den Klauenpolen 28/4 und 29/4; die Anordnung der Klauenpole 28/4 und 29/4 in bezug auf den Wert  $x$  ist aus der Fig. 4 zu ersehen.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel (Fig. 5), das in der prinzipiellen Darstellung dem Beispiel in Fig. 4 gleicht, haben die Klauenpole 28/5 der einen Polradhälfte 26/5 wiederum gleichen Mittenabstand  $M_{28/5}$  zwischen ihren Mittellinien. Die Klauenpole 29/5 der zweiten Polradhälfte 27/5 haben hingegen zwischen ihren Mittellinien einen unterschiedlichen Mittenabstand  $M_{29/5}$ , und zwar jeweils immer drei nacheinanderfolgende verschiedene Mittenabstände; auch aus dieser Fig. 5 ist die Anordnung der Klauenpole 28/5, 29/5 und deren unterschiedliche Abstände  $A_5$  in bezug auf den Wert  $x$  zu ersehen.

In der Fig. 6 ist noch ein anderes Ausführungsbeispiel zur erfindungsgemäßen Anordnung von Klauenpolen 28/6 und 29/6 gezeigt. Die nacheinanderfolgenden Klauenpole 28/6 der einen Polradhälfte 26/6 und die nacheinanderfolgenden Klauenpole 29/6 der zweiten Polradhälfte 27/6 haben dabei unterschiedliche Mittenabstände  $M_{28/6}$  bzw.  $M_{29/6}$ . Die Mittenabstände  $M_{28/6}$  und  $M_{29/6}$  unterscheiden sich jeweils um den vorbestimmten Wert  $x$ ; die Lage der Klauenpole 28/6, 29/6 und ihrer verschiedenen Abstände  $A_6$  sind wieder aus der Fig. 6 entnehmbar.

Die Fig. 7 stellt noch ein anderes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Anordnung von Klauenpolen 28/7 und 29/7 dar. Wie im vorstehenden Ausführungsbeispiel zur Fig. 6 sind auch hier die Mittenabstände  $M_{28/7}$  der nacheinanderfolgenden Klauenpole 28/7 einer Polradhälfte 26/7 und auch die Mittenabstände  $M_{29/7}$  der nacheinanderfolgenden Klauenpole 29/7 der zweiten Polradhälfte 27/7 verschieden groß. Die Unterschiede der Mittenabstände  $M_{28/7}$  und  $M_{29/7}$  sowie auch die Lage der Klauenpole 28/7, 29/7 zueinander und die unterschiedlichen Abstände  $A_7$  sind in bezug auf den vorbestimmten Wert  $x$  aus der Fig. 7 ersichtlich.

Es ist hierzu ergänzt, daß anstelle eines stets konstanten Wertes  $x$  für die Änderung der Mittenabstände  $M_{28}$ ,  $M_{29}$  der Klauenpole 28, 29 auch ein nichtkonstanter Wert treten kann.

Die optimale Anordnung der Erregerpole wie z.B. der Klauenpole 28, 29 ergibt sich im Sinne dieser Erfindung dann, wenn bei Betrieb des Wechselstromgenerators

stets nur eine einzige Flanke 47, 48 der Erregerpole 28, 29 mit nur einer Flanke der Nuten 22 des Ankers bzw. Ständers 16 zusammentrifft; infolge dieser Anordnung werden magnetische Vorzugslagen zwischen Stator und Rotor vermieden und damit störende Geräusche wirksam reduziert.

Die Fig. 8 der Zeichnung zeigt eine Weiterbildung der als Klauenpole dargestellten Erregerpole 28/8 und 29/8 im Zusammenhang mit deren erfindungsgemäßer Anordnung. Demgemäß sind bei den Klauenpolen 28/8 und 29/8 die Flächen derjenigen Flanken 47/8, 48/8 verkleinert, die eng beieinander stehen; die Querschnittsform derartiger Erregerpole 28/8, 29/8 ist also im wesentlichen dreieck- oder trapezförmig und bewirkt eine Verminderung des Streuflusses und demzufolge einen positiven Einfluß auf die elektrische Leistung derartiger Wechselstromgeneratoren.

Bei der Unterteilung der auf den Umfang des Klauenpolrotors 20 befindlichen Erregerpole 28, 29 in mehrere Polgruppen — im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 bilden beispielsweise zwei Erregerpole 28/3, 29/3 jeweils eine Polgruppe (Polpaar) — empfiehlt es sich, daß mindestens drei Polgruppen vorhanden sind; infolge dieser Maßnahme erfährt der Ständer eine Art "Dreiecksverformung" die eine geringere störende Geräuschanregung bewirkt als wenn nur eine einzige Polgruppe bzw. zwei Polgruppen über dem Umfang des Rotors verteilt sind. Je mehr verschobene Erregerpole je Polgruppen auf dem Umfang des Rotors angeordnet sind, umso vorteilhafter kommt bei Anwendung der beschriebenen technischen Lehre die geräuschreduzierende Wirkung zur Geltung.

Die aus den vorstehenden Beispielen eines Generators offenbarte technische Lehre gilt sinngemäß auch für Synchronmaschinen, die als Synchronmotoren arbeiten. Ein Beispiel eines solchen Elektromotors ist der einleitend schon genannte SIMODRIVE-Servomotor von Fa. Siemens: Als Erregerpole dienen bei diesem Elektromotor Dauermagnete, die auf der Außenseite des dem magnetischen Rückschluß dienenden Rotors angeordnet sind und über einen Luftspalt dem Stator (Anker) mit den in Nuten liegenden Wicklungen gegenüberstehen. Wenn bei einem solchen Elektromotor die Erregerpole gemäß der technischen Lehre vorliegender Erfindung angeordnet werden, dann ergibt sich ebenfalls die gewünschte Verringerung der störenden Geräusche. Bevorzugterweise werden bei Einsatz dieser Synchronmaschinen als Motoren derartige Dauermagnete jeweils aus mehreren, in Umfangsrichtung aneinandergereihten Dauermagnet-Teilstücken zusammengesetzt, was eine vorteilhafte Auswirkung auf die Entstehung von Verlusten in der Maschine, auf den Verlauf der induzierten Spannung und auch auf die störenden Geräusche zur Folge hat.

Über die verschiedenen Möglichkeiten der Anordnung der Erregerpole gilt das weiter vorn über Generatoren Gesagte, und zwar sowohl über die Anordnung der Erregerpole zueinander als auch bezüglich ihrer Anwendung bei verschiedenen Motor-Bauarten (Außenpolmaschine, Innenpolmaschine, Scheibenläufermaschine).

Soweit in der vorliegenden Beschreibung der Synchronmaschinen von Ankernuten gesprochen wurde, gilt das Gesagte für "offene" Nuten; im Falle von sogenannten "halboffenen" Nuten, gilt das Gesagte sinngemäß für die Ankernuten-Schlitzte.

Elektrodynamische Synchronmaschinen, insbesondere auch Drehstromgeneratoren für das Bordnetz von

Kraftfahrzeugen, erfahren eine spürbare Reduzierung der störenden Geräusche, sofern die vorstehend offenbarte technische Lehre bei diesen Maschinen Anwendung findet.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

Robert Bosch GmbH, Patent vom 2.7.1987  
Elektrodynamische Synchronmaschine

1/5

g. 1/17:141

21 268

Nummer:

37 22 153

Int. Cl. 4:

H 02 K 5/24

Anmeldetag:

4. Juli 1987

Offenlegungstag:

12. Januar 1989

17

3722153

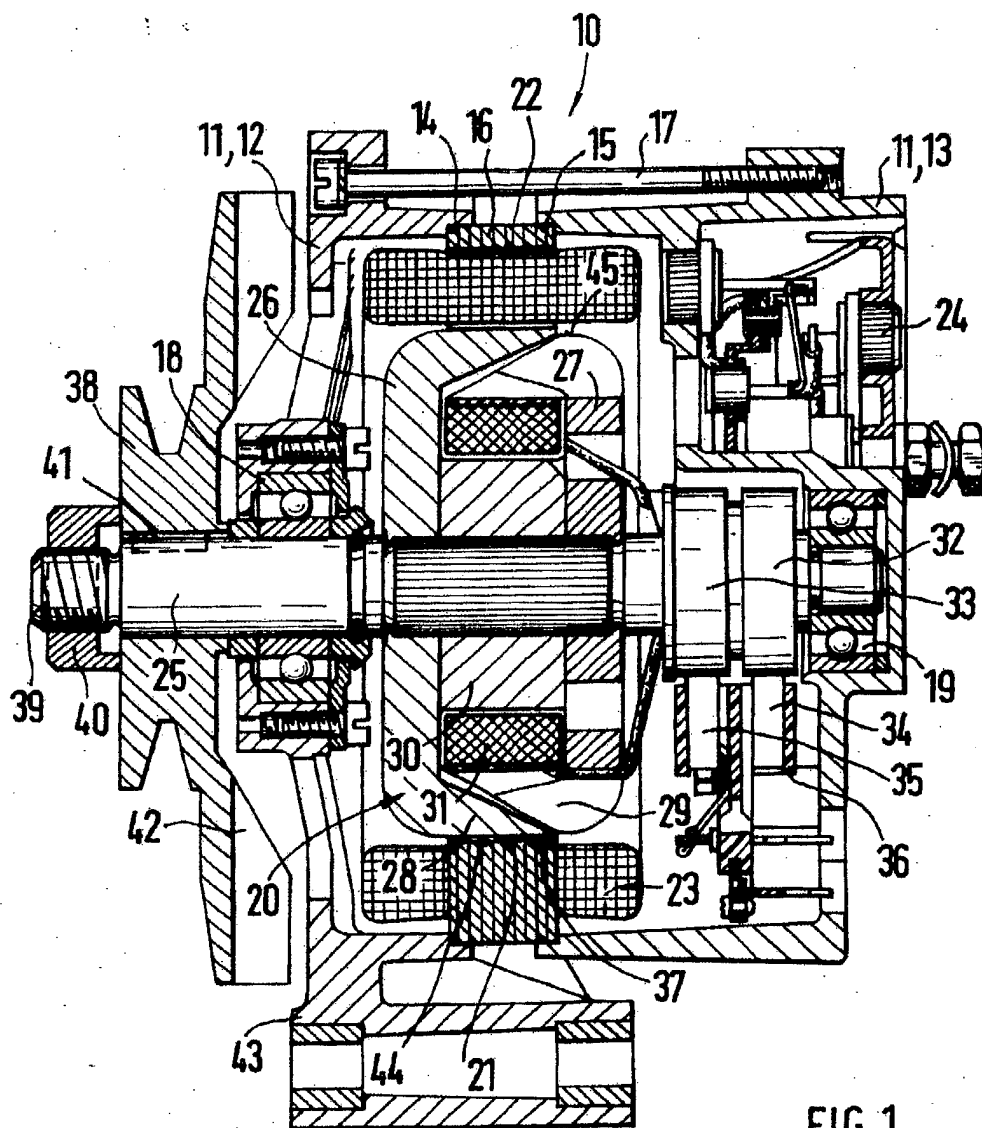


FIG. 1

808 862/373



3722153

FIG.2

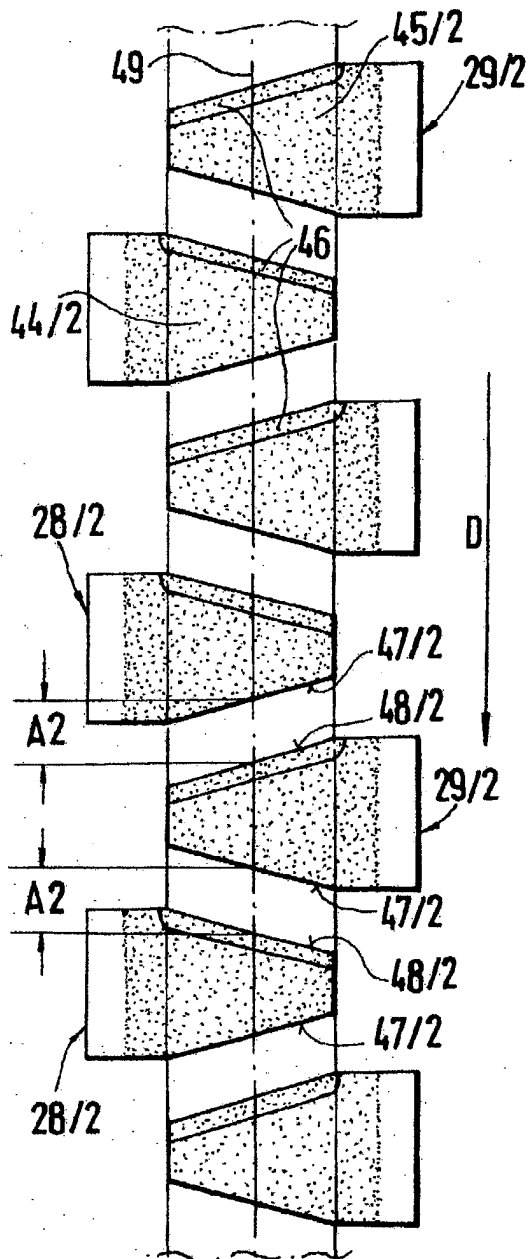


FIG.3

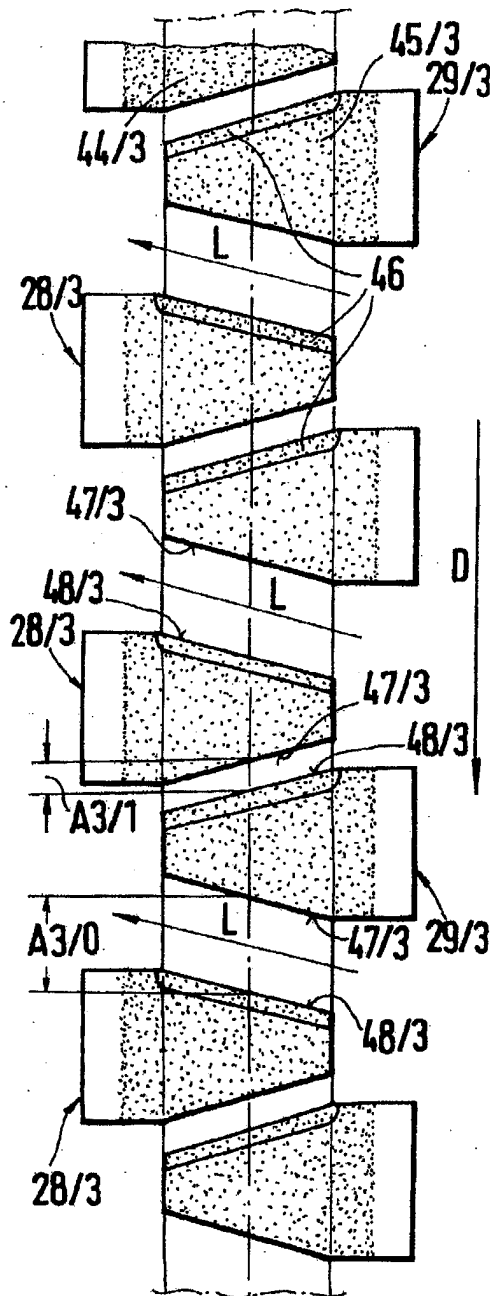




FIG.6

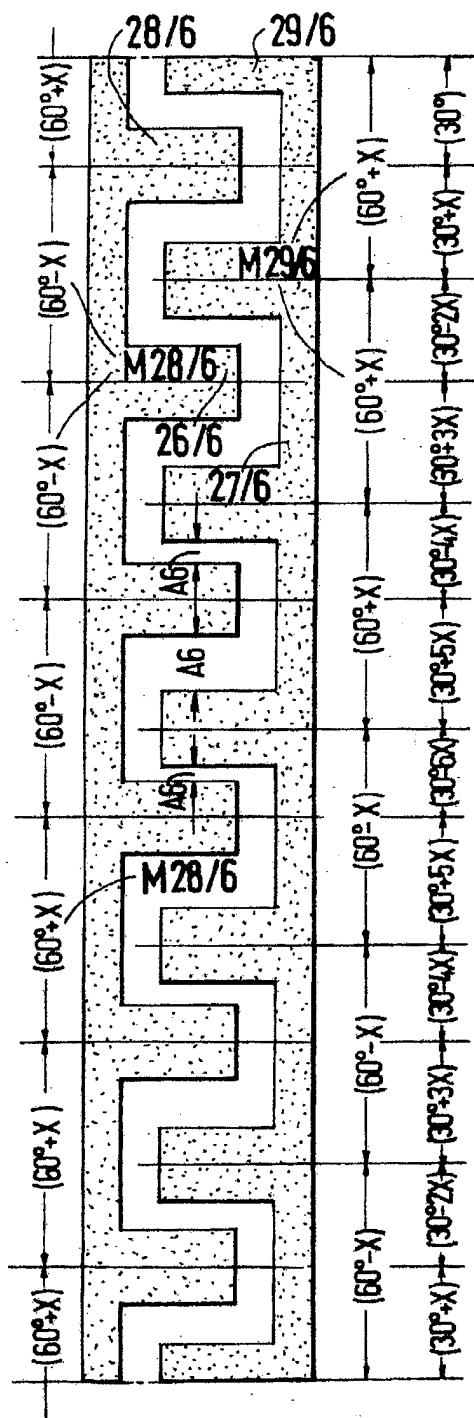
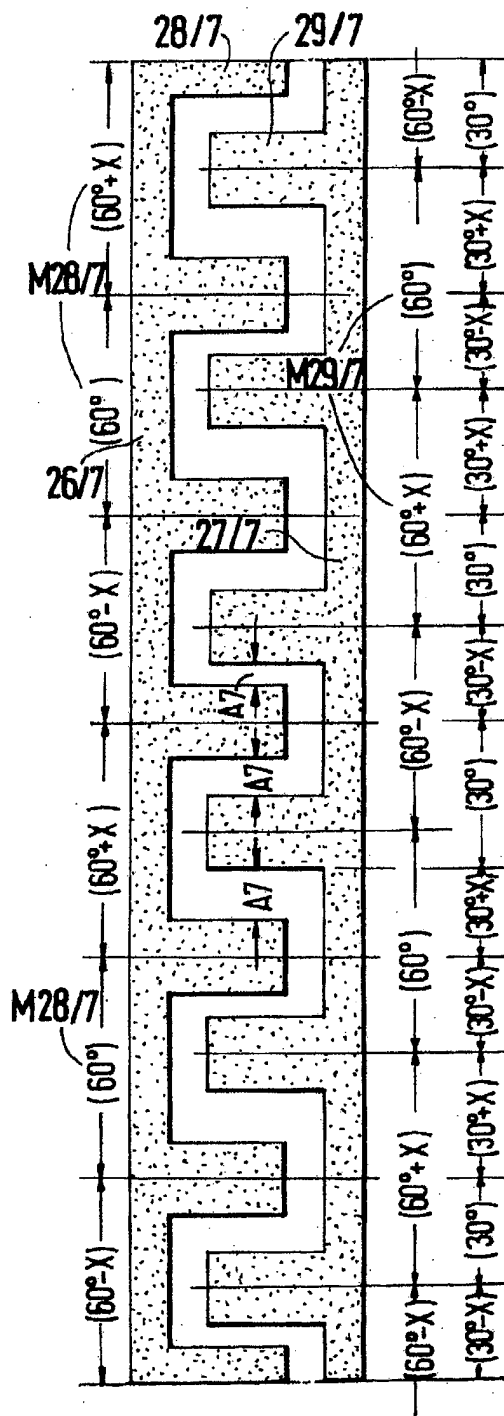


FIG.7



3722153

FIG. 8

